

**В.І.КРАВЧЕНКО**, докт. техн. наук;  
**А.Е.ГОРЮШКІН**; НТУ «ХПІ», Харків

## ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ ТОЧНОСТІ ВИМІРІВ НЕСТАБІЛЬНОСТЕЙ ТРИВАЛОСТІ ВІДЕОІМПУЛЬСІВ

У статті проведено оцінку основних вимог до аналого-цифрового вимірювача параметрів широкосмугових сигналів при вимірі тривалості відеоімпульсів.

In the article, assessment of main requirements to Analog-to-Digital meter of parameters of lifeband signals in measurement of duration of video pulses has been conducted.

**Вступ.** При оцінці досяжних характеристик аналого-цифрового вимірювача параметрів широкосмугових, зокрема короткоімпульсних сигналів потрібно визначити ступінь впливу основного елементу перетворення, тобто АЦП, на результати вимірювання. При цьому необхідно враховувати обидва спотворюючі чинники, які вносяться під час такого перетворення – вплив частоти перетворення та квантування за амплітудою.

**Метою роботи** є аналіз особливостей роботи аналого-цифрового вимірювача параметрів широкосмугових сигналів та впливу основних джерел похибок АЦП при вимірі тривалості імпульсів.

Оцінка необхідної частоти дискретизації з алгоритмів роботи вимірювачів показує, що основною операцією є фіксація моментів часу  $t_1$  та  $t_2$ , відповідних переходу фронту та зрізом відеоімпульса напруги порогового рівня  $U_{n0}$ . За тривалість відеоімпульса приймається інтервал  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Під впливом шуму фронт та зріз відеоімпульса скривлюються та положення точок  $t_1$  та  $t_2$  флюктує, викликаючи помилки у вимірах. Додатково до цього проявляються специфічні помилки аналого-цифрового перетворення, що виражаються, як зазначалося раніше, у похибках фіксації моменту часу при заданому порозі вхідного сигналу. Якщо часові флюктуації точок  $t_1$  та  $t_2$  за рахунок шуму мають дисперсії відповідно  $\sigma_{o\ t1}^2$  і  $\sigma_{o\ t2}^2$ , а дисперсія помилки перетворення по часу може бути визначена як  $\sigma_{\tau\text{АЦП}}^2$ , то дисперсія помилки виміру тривалості відеоімпульсів [1]

$$\sigma_{\tau}^2 = \sigma_{t1}^2 + \sigma_{t2}^2 - \sigma_{t1}^2 \sigma_{t1}^2 R_{t1,t2}, \quad (1)$$

де

$$\sigma_{t1}^2 = \sigma_{o\ t1}^2 + \sigma_{\tau\text{шум}}^2; \quad \sigma_{t2}^2 = \sigma_{o\ t2}^2 + \sigma_{\tau\text{шум}}^2;$$

$R_{t1,t2}$  – коефіцієнт взаємної кореляції флюктуацій відповідно до точок  $t_1$  та  $t_2$ .

Похибка  $\sigma_{\tau\text{АЦП}}$ , що вноситься аналого-цифровим перетворювачем при вимірі тимчасових інтервалів, визначається співвідношенням між часом по-

яви шуканого значення сигналу та моментом фіксації наданого моменту по приходу тактового імпульсу. Звичайно припускається, що момент появи потрібного значення сигналу може попадати в будь яку область інтервалу між тактовими імпульсами АЦП  $\tau_0$ , тобто окремі відліки незалежні друг від друга та щільність розподілу імовірності відповідає рівномірному закону. З урахуванням динамічних похибок АЦП, серед яких моменти фіксації відліку не співпадають із тактовим імпульсом, отже частота відліків флюктує відносно тактової частоти по деякому випадковому закону:  $\tau_0$  має зміст середнього значення інтервалу між тактовими імпульсами. У найгіршому випадку

$$\sigma_{\tau_{\text{АЦП}}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{6}},$$

де  $\tau_0$  – період слідування тактових імпульсів. Оскільки  $\tau_0 = 1/F_{\text{такт}}$ , то відповідним вибором тактової частоти можна забезпечити необхідну величину  $\sigma_{\tau_{\text{АЦП}}}$ . Оцінимо необхідне значення тактової частоти, якщо необхідне значення  $\sigma_{\tau_{\text{АЦП}}}$  не повинно перевищувати десятих часток мікросекунди.

$$F_{\text{такт}} = \frac{1}{\sqrt{6} \cdot \sigma_{\tau_{\text{АЦП}}}} = \frac{1}{2,42 \cdot 10^{-7}} \approx 4 \cdot 10^6 \text{ Гц.} \quad (2)$$

Сучасні високошвидкісні АЦП мають середнє значення  $F_{\text{такт}} \sim 100 \dots 400$  МГц, що по меншій мірі на два порядки більше необхідного значення [2].

Середньоквадратична помилка виміру нестабільностей тривалості відеоімпульсів істотно залежить від крутизни фронту та амплітуди відеоімпульсів. У свою чергу, крутизна фронту відеоімпульса також визначається амплітудними значеннями імпульса, що досліджується. При постійному пороговому рівні  $U_{\text{оп}}$  нестабільності амплітуди імпульсів що досліджуються призводять до флуктуацій моментів фіксації порогового рівня  $t_1$  і  $t_2$  (рис. 1) та збільшенню дисперсії помилки виміру нестабільностей тривалості.

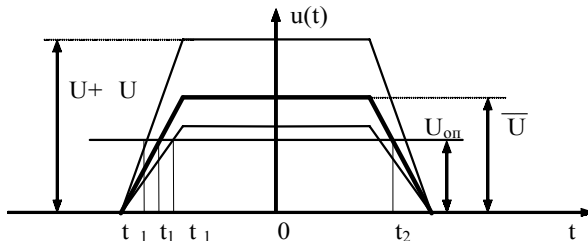


Рисунок 1 – Вплив нестабільності амплітуди на визначення тривалості імпульсу

Причин, що викликають нестабільності амплітуди імпульсів (обвідних радіосигналів) достатньо багато, та при добре налаштованій, а також нормально функціонуючій апаратурі кожна з них вносить малий вклад в сумарну нестабільність амплітуди. В цьому випадку згідно з центральною граничною

теоремою незалежно від законів розподілу нестабільностей амплітуди, обумовлених кожною причиною, закон розподілу нестабільностей амплітуди відеоімпульсів на вході вимірника можна вважати нормальним.

На рис. 2 [4] наведена залежність відносної похибки вимірювання тривалості  $\sigma_{\Delta\tau_{c1}}/\tau_{\phi}$  від похибки амплітуди  $\sigma(\delta U_{BX})$  при різних рівнях фіксації тривалості імпульсу  $\varepsilon$ .

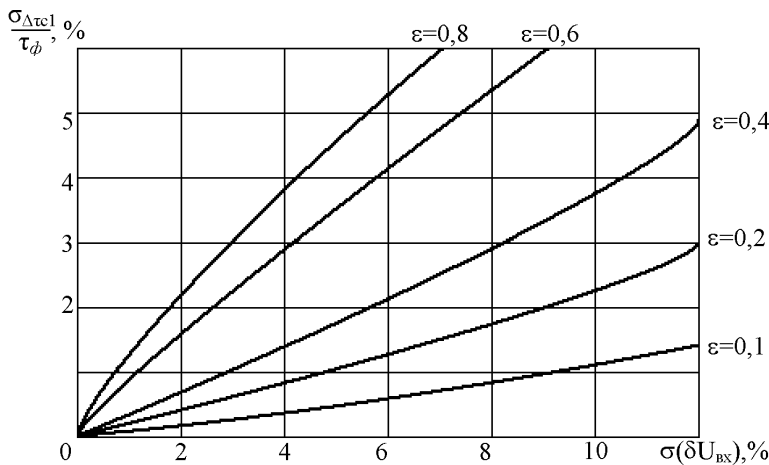


Рисунок 2 – Залежність відносної похибки вимірювання тривалості від похибки амплітуди

Виходячи з цього, оцінимо мінімально необхідну розрядність АЦП, виходячи з тривалості, наприклад, іспитового імпульсу магнітного поля форми 2/50 мкс за ДСТ 30585-98 (ДСТУ 3681 -98) [3], стандартного вимірювального рівня  $\varepsilon = 0,707$  та допустимого СКВ  $\sigma_{\Delta\tau_{c1}} = 0,1$  мкс.

За параметрами імпульсу  $\tau_{\phi} = 2$  мкс;  $\tau_i = 50$  мкс. Згідно з рис. 2 для  $\frac{\sigma_{\Delta\tau_{c1}}}{\tau_{\phi}} = \frac{0,1}{2} \cdot 100\% = 5\%$ ;  $\sigma(\delta U_{BX}) = 6,5\%$ . Нестабільність амплітуди з таким відносним рівнем не призводить до перевищення допустимої похибки та може не фіксуватися, тобто є меншою за крок квантування. Оскільки крок квантування визначається як  $q = \frac{U_{АЦП \max}}{(2^N - 1)}$ , то можна записати :

$$q = \frac{U_{АЦП \max}}{(2^N - 1)} \leq 0,065 U_{АЦП \max}$$

з чого одержимо  $2^N \geq 17$  (з округленням у бік збільшення).

Звідси можна зробити висновок, що для виміру тривалостей вказаних імпульсів з заданою точністю аналого-цифровими методами необхідно застосування АЦП з розрядністю  $N$  не менш 5.

**Висновки.** В статті визначено вплив основних джерел похибок, що вносяться АЦП, тобто частоти перетворення та квантування за амплітудою, АЦП, на результати вимірювання саме часових параметрів імпульсів. Обґрунтовано вимоги до визначення параметрів АЦП в залежності від параметрів імпульсів та необхідної точності вимірів.

**Список літератури:** 1. Вострокнутов Н. Н. Цифровые измерительные устройства. Теория погрешностей, испытания, поверка. – М., Энергоатомиздат. 2. Мирский Г.Я. Электронные измерения. – М.: «Радио и связь», 1986. 3. Немченко Ю.С. Широкополосные средства измерений импульсных магнитных полей // Вісник НТУ «ХП» Тематичний випуск «Техніка і електрофізика високих напруг», вип. №20'2007. 4. Кушнир Ф.В. и др. Измерения в технике связи. – М.: Связь, 1976.

*Надійшла до редколегії 22.09.2008.*

УДК 391.394.5

**Н.Ф.ЛОГВИНЕНКО**, канд.техн.наук, ХНУВД, Харьков

## **МНОГОМЕРНЫЕ МОДЕЛИ ИСТОЧНИКА ОШИБОК В СТАЦИОНАРНОМ ДИСКРЕТНОМ БИНАРНОМ КАНАЛЕ**

Запропоновано багатомірні аналітичні моделі джерел помилок у бінарних каналах, засновані на спеціально побудованих ймовірнісних розподілах. Канал характеризується ймовірностями станів і умовними ймовірностями незалежних по бітах помилок у кожному зі станів. Моделі формуються на підставі різних спеціальних припущень відносно механізмів переходу каналу з одного стану в інший.

The article describes multidimensional analytical models of the error sources in binary channels based on the specially designed probability distributions. The channel is characterized by the probabilities of conditions and conditional probabilities of independent of bits errors in every condition. The models are formed based on different special assumptions concerning the mechanisms of channel transition from one condition into another.

**Введение.** Для проектирования протоколов телекоммуникационных систем или настройки их параметров при эксплуатации необходимы прежде всего оценки таких параметров как вероятность  $P(n, 0)$  приема блока длиной  $n$  бит без ошибок и вероятности  $P(n, t)$  приема блока с ошибками некоторой фиксированной кратности  $t$ . Первая характеристика необходима для определения темповых характеристик системы, а вторая – для обоснованного выбора помехоустойчивых кодов и определения вероятностных характеристик. Такого рода характеристики могут быть получены либо непосредственными натурными испытаниями линий связи, либо расчетным путем, основываясь